

インピーダンス分光による動作している有機発光ダイオードにおける 電荷輸送特性評価-電荷移動度・再結合定数・局在準位分布の決定-

Electronic transport properties studied by impedance spectroscopy in working organic light-emitting diodes-the determination of charge drift mobilities, recombination coefficient and localized-state distributions-

大阪府立大¹, 大阪府立大分子エレクトロニックデバイス研²

○高田 誠¹, 永瀬 隆^{1, 2}, 小林 隆史^{1, 2}, 内藤 裕義^{1, 2}

Osaka Pref. Univ.¹, RIMED², °M. Takada¹, T. Nagase^{1, 2}, T. Kobayashi^{1, 2}, H. Naito^{1, 2}

E-mail: m-takada@pe.osakafu-u.ac.jp

1. はじめに 有機発光ダイオード (organic light-emitting diodes: OLED)をはじめとした有機半導体デバイスにおいて、有機半導体内の電荷輸送特性 (電荷移動度、電荷寿命、局在準位、再結合定数) を調べることは重要である。これまで我々は、インピーダンス分光 (IS)により、単キャリアデバイスによる電荷移動度、電荷寿命、局在準位分布を評価してきた[1]。本報告では、動作している OLED から電子、正孔移動度を同時評価し、二分子再結合定数および局在準位分布も評価できることを示す。

2. 実験・解析及び結果 AZO: Al を添加した ZnO (150 nm)/PEI: polyethylenimine/F8BT: poly(9,9-dioctylfluorene-alt-benzothiadiazole) (300 nm)/MoO₃ (10 nm)/Al (50 nm)なる素子構造の OLED を作製した。IS 測定は、Solartron ModuLab を用いて行い、得られた静電容量の周波数特性から $-\Delta B$ 法によりドリフト移動度を評価した。

作製した OLED の電子および正孔移動度の温度依存性を Figs. 1, 2 にそれぞれ示すが、300 K では、電子移動度は約 10^{-3} cm²/Vs、正孔移動度は約 10^{-5} cm²/Vs であった。これは、F8BT の電子、正孔移動度の文献値と一致している[2]。

二分子再結合定数 β は、複注入状態における複素インピーダンスの表式[3]から導出され、 $\beta = 2\pi f_{\max}/3n$ で表される。ここで、 f_{\max} は発光閾値電圧以上における複素インピーダンス虚部、 $\text{Im}[Z]$ スペクトルに現れるピークの周波数、 n は電荷密度である。得られた β は、 $10^{-13} \sim 10^{-12}$ cm³/s であり、Figs. 1, 2 で示す、電子、正孔移動度から求めたランジュバン再結合定数 γ_L の $1/1000 \sim 1/100$ 倍であった。 β が γ_L より小さくなる原因には輸送エネルギーの揺らぎが挙げられる[4]。得られた β/γ_L から輸送エネルギーの揺らぎ幅 Δ を見積もると約0.098~0.14 eV であることがわかった。

局在準位分布は、ドリフト移動度の温度依存性から求められる活性化エネルギーの電界依存性から決定した[5]。F8BT のドリフト移動度の温度依存性、電界依存性から見積もった局在準位分布を Fig. 3 に示すが、ガウス型の局在準位分布を示していることがわかる。状態密度の幅 σ は、価電子帯端側が 0.15 eV、伝導帯端側が 0.13 eV であった。

謝辞 本研究は、科学研究費補助金及び新学術領域研究「元素ブロック高分子材料の創出」(24102011)の助成を受けた。また本研究で用いた PEI を提供して頂いた株式会社日本触媒、F8BT を提供して頂いた住友化学株式会社に深く感謝いたします。

参考文献 [1] K. Takagi *et al.*, *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* **26**, 4463 (2015). [2] L. Chua, *et al.*, *Nature* **434**, 194 (2005); Y. Zhang *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **98**, 143504 (2011). [3] M. Takata *et al.*, *J. Nanosci. Nanotechnol.*, **16**, 3322 (2016). [4] G. J. Adriaenssens *et al.*, *Solid State Commun.* **103**, 541 (1997). [5] J. M. Marshall, *et al.*, *Philos. Mag. B* **56**, 641 (1987).

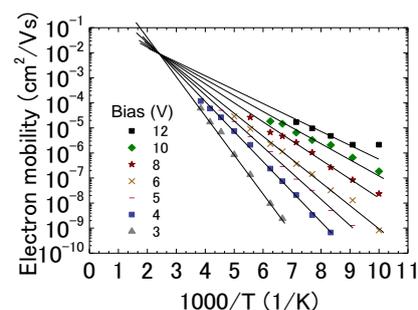


Fig. 1 Temperature dependences of electron mobilities of F8BT.

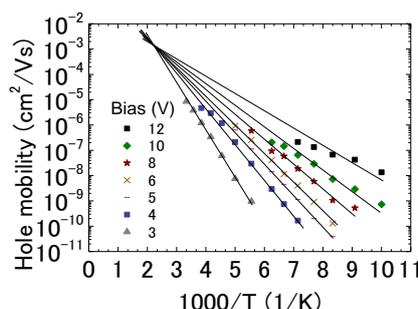


Fig. 2 Temperature dependences of hole mobilities of F8BT.

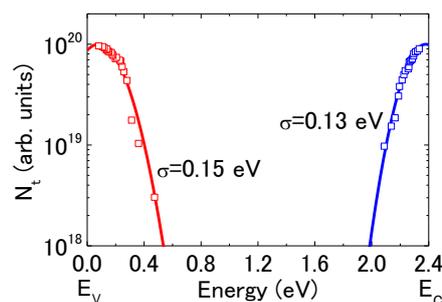


Fig. 3 Localized-state distributions in the energy gap of F8BT.